

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО ВЛАЖНОГО КЛИМАТА БАКУ

УДК: 692  
ББК: 38.5

**Кахраманова Шахла Шехали кызы**

кандидат архитектуры, доцент,  
Азербайджанский архитектурно-строительный университет,  
Баку, Азербайджан, e-mail: shahlakahramanova@yandex.ru



### **Аннотация**

*Статья посвящена проблемам применения современных строительных материалов и конструкций в условиях жаркого и влажного климата Баку. Рассмотрены основные климатические факторы, определяющие физические параметры применяемых в условиях Баку ограждающих материалов и конструкций. Приведены примеры решения проблем адаптации современных зданий в зарубежной практике к окружающим условиям. Освещены последние технологические разработки в области современных строительных материалов.*

### **Ключевые слова**

*ограждающие конструкции, фасадное остекление, двойные фасады*

При застройке городских кварталов в сложных природно-климатических условиях наряду с градостроительными и архитектурно-планировочными методами организации жилых структур одним из ключевых моментов является правильный подбор ограждающих материалов и конструкций. Особое внимание необходимо уделять их физическим свойствам, тепловой проводимости, удельному сопротивлению, оптической рефлексивности [1].

Баку известен жарким климатом (до +42°C в тени) и сильными ветрами (до 40 м/сек). Немаловажную роль в дискомфортных ощущениях играет высокая относительная влажность воздуха, которая составляет 70–80% (норма 50–60%, а при повышенной температуре – 30–40%). Большое значение для ограждающих конструкций зданий и сооружений имеет суточная (в Баку летом 8–9оС, зимой 4–5оС) и годовая (21,5–22,9оС) амплитуда колебаний температуры воздуха. Необходимо также учитывать район размещения объекта строительства, так как благодаря климатообразующим факторам макро- и микромасштаба (радиационные условия, ветровой режим, форма мезо- и микрорельефа, растительность, почва, непосредственная близость от Каспийского моря, окружающая застройка и т. д.) и их совместному воздействию в разных районах города разница температуры и влажности может быть значительной.

Согласно проведенным натурным исследованиям, схеме моделирования рельефа, а также схеме инсоляции и аэрации бакинского амфитеатра, схеме зонирования по основным видам застройки (рис. 1, 2) автором была разработана схема зонирования территории г. Баку по термическим условиям (рис. 3). По данной схеме территории с наиболее высокими температурными показателями расположены в средней (бывшей промышленной зоне) части города, а также на территории Бинагади. Территории с наименьшей температурой расположены на высоких точках города, а также на наветренных теневых склонах – это юго-восточные и восточные склоны Патамдар, Зыхских гряд, Ясамальская долина, северная кромка Бакинского амфитеатра. Как видно из схемы, западные склоны амфитеатра



Рис. 1. Зонирование территории Баку по основным видам застройки, сост. Ш.Ш. Кахраманова

защищают центральную зону города от перегрева, затеняя ее от палящих лучей солнца. Определенную роль в охлаждении летней температуры играет северный ветер, а также расположение города по амфитеатру, что позволяет северному ветру практически беспрепятственно спускаться по склонам города.

Влажность на территории Баку имеет зональный характер и ярко выражена в прибрежной части города, на подветренных теневых склонах, а также вблизи озер Беюк-Шор, Гаджи-гасан, Зых и Бюль-Бюля. На наветренных склонах города – западные склоны Ясамальской долины, Патамдарской возвышенности, Зыхских гряд – наблюдается наименьшая влажность (рис. 4). Приведенная схема зонирования по условиям влажности смоделирована на основе схем моделирования рельефа, ветровых условий, а также схемы термических условий Баку и схемы озеленения территории Баку.

Исследования изменения температуры и влажности воздуха, а также ветровых условий являются исходной информацией при расчете физических параметров, применяемых в условиях Баку ограждающих материалов и конструкций без их деформаций и разрушения в ходе



Фрагмент застройки. Северо-западный жилой массив, 2007 год



Застройка Баку- 2007 год

Рис. 2. Моделирование существующей застройки на рельефе, сост. Ш.Ш. Кахраманова

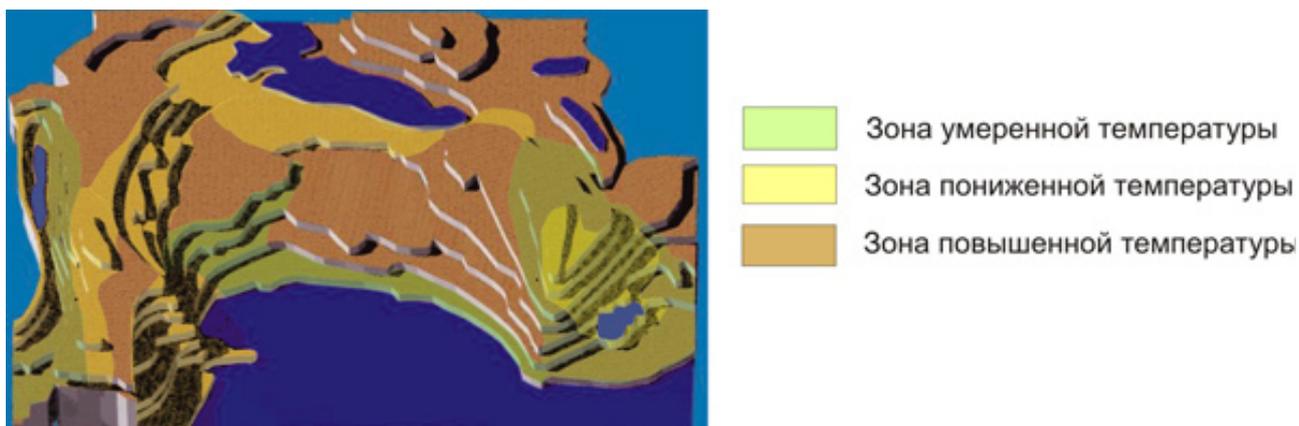


Рис. 3. Зонирование территории Баку по термическим условиям, сост. Ш.Ш. Кахраманова

эксплуатации. При этом необходимо учитывать уровень комфорта для людей, проживающих в этих зданиях.

Одним из факторов, определяющих физические параметры ограждающих материалов и конструкций, является их теплопроводность. Известно, что чем плотнее материал, тем более он теплопроводен, что неприемлемо для наружных ограждающих конструкций в условиях жаркого или холодного климата. В свою очередь, толстая стена (даже из плотного материала) может замедлить процесс теплопередачи. Поэтому, чтобы уменьшить передачу высокой температуры от одной стороны стены к другой, коэффициент теплопроводности должен быть уменьшен одним из двух способов: увеличением толщины стены или использованием материалов с более низкой теплопроводностью и более высоким сопротивлением. Первым методом пользовались в древности почти все народы жарких регионов. Они строили массивные стены из грязи или кирпича-сырца. В современном градостроительстве чаще используют второй метод – стены состояются из нескольких материалов для обеспечения желательных тепловых и эстетических характеристик. Изоляция (малоплотным материалом или воздушной прослойкой) уменьшает теплопроводность.

Научными исследованиями установлено, что в жарких регионах коэффициент теплопроводности для внешней стены должен составлять приблизительно 1,1 ккал/час м<sup>2</sup> оС для того, чтобы достичь соответствующего теплового сопротивления. Экспериментами доказано, что именно кирпичная стена является наиболее приемлемым материалом для достижения теплового комфорта, а также наиболее распространенным. Она имеет тепловое сопротивление, в 13 раз превышающее тепловое равновесие готовой бетонной стены [9].

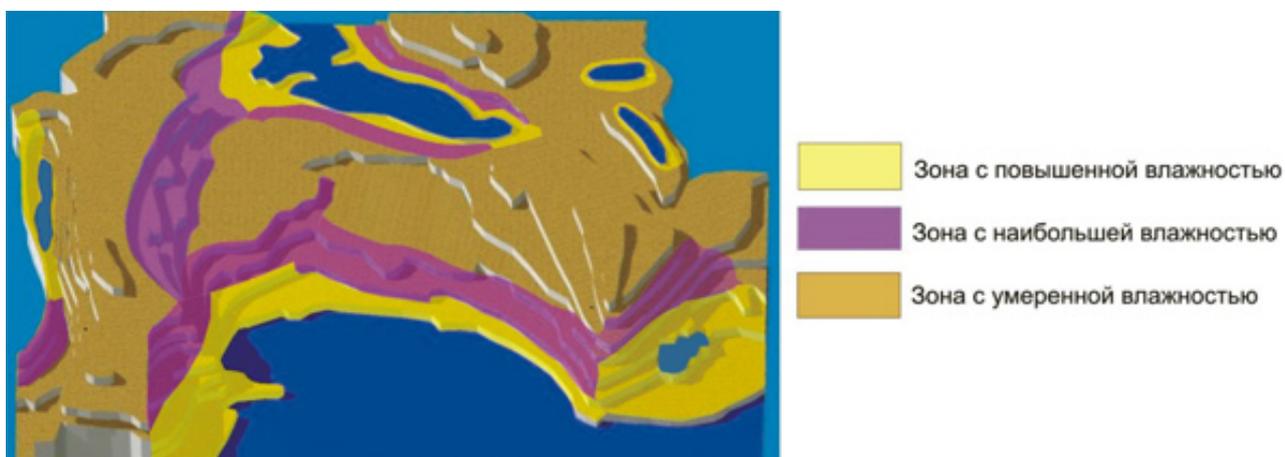


Рис. 4. Зонирование территории Баку по степени влажности, сост. Ш.Ш. Кахраманова



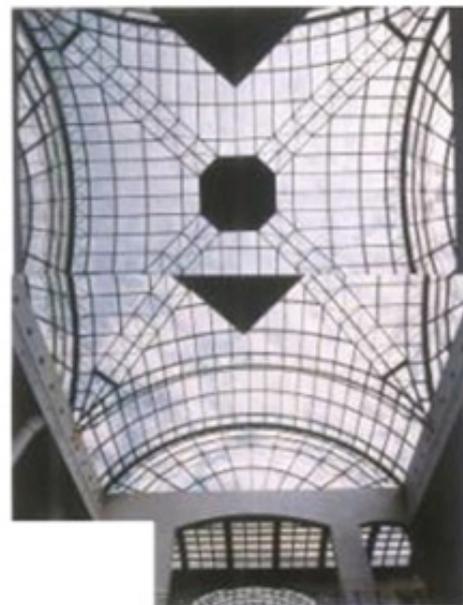
**Объект:** Boeing Museum, Seattle  
**Климатические условия:** повышенная влажность воздуха, жаркое лето и холодная зима.  
**Использованы:** HM 66 w, прозрачное стекло  
**Результат:** температурный (защита от избыточного нагревания) и шумовой контроль, кондиционирование воздуха



**Объект:** Fair Center, Helsinki, Finland  
**Климатические условия:** повышенная влажность, холод  
**Использованы:** HM 66 w, прозрачное стекло, предохраняющее от появления конденсата и блокирующее ультрафиолетовое излучение



Конструкция и принцип работы теплового зеркала.  
 UV, VIS, IR соответственно, ультрафиолетовая, видимая и инфракрасная составляющие солнечного спектра



**Объект:** Roof of Salmya Shopping Center, Kuwait City, Kuwait  
**Климатические условия:** пустыня  
**Использованы:** HPR 18 w, розовое стекло, блокирующее ультрафиолетовое излучение



**Объект:** Marriott Hotels Resort, Palm Desert, California  
**Климатические условия:** пониженная влажность, жара  
**Использованы:** HM 55, бронзовое стекло  
**Результат:** 40-процентная экономия затрат на кондиционирование воздуха

Рис. 5. Примеры применения тепловых зеркал в современной зарубежной архитектуре. Источник: <http://www.forma.spb.ru>

Изобретение железобетона открыло новую эру, в которой традиционные архитектурные формы и методы, а также строительные материалы были очень скоро забыты. Однако вместе с легкостью и быстротой строительных работ бетон принес много проблем с точки зрения создания комфортных микроклиматических условий. Готовые бетонные конструкции в чистом виде неприемлемы в условиях как жаркого, так и холодного климата, поскольку имеют малое тепловое сопротивление. Для того

чтобы наружная бетонная стена имела коэффициент теплопроводности 1,1 ккал/час м<sup>2</sup> оС, она должна иметь толщину не менее 1,0 м. При строительстве малоэтажных зданий это возможно, хотя с экономической точки зрения и нерентабельно. При возведении многоэтажных домов подобные массы зданий будут нести дополнительную нагрузку на грунт, что недопустимо в сейсмически активных районах, да и неэкономично. Из этого следует, что в условиях жаркого климата Баку железобетон без изоляционной обшивки или прослойки не пригоден для строительства жилых зданий и сооружений в качестве наружных ограждающих конструкций многоэтажных зданий.

Однако сегодня в Баку в основном многоэтажные здания (наружные стены) сооружаются именно из бетона, причем без изоляции. При приготовлении бетонной смеси для строительных целей также очень часто нарушаются технологические процессы, что приводит к снижению прочности бетона, ухудшению поровой структуры, снижению долговечности и шелушению наружных слоев бетонной конструкции.

В малоэтажном строительстве Баку основным местным строительным материалом является известняк-кубик. Однако 40-см стены не способны эффективно противостоять как летнему перегреву, так и зимнему холоду. Именно поэтому ширина наружных стен в старых зданиях центральной зоны Баку достигала 0,8-1 м. Сегодня для уменьшения теплопроводности наружных стен необходимо между двумя слоями каменной кладки укладывать изолятор (пена, воздушная прослойка и др.). При строительстве жилых и общественных зданий все чаще применяются новые технологии и строительные материалы. При этом не проводятся необходимые исследования для выявления влияния этих ноу-хау на состояние окружающей среды и самочувствие людей. Не проводятся также испытания новых материалов на выносливость в данных климатических условиях. К примеру, в условиях Баку ограждающие конструкции функционируют в довольно жестком режиме, испытывая влияние значительных перепадов температур. Поэтому во избежание деформаций и разрушения (в результате дрейфа геометрических размеров, обусловленного температурными колебаниями) очень важно, чтобы материалы, объединенные в общую конструкцию, имели близкие коэффициенты термического расширения.

При интенсивной застройке жилых районов Баку многоэтажными зданиями здесь практически не используются тепло-, влаго- и пароизоляционные материалы для внешних стен, что приводит к большому энергопотреблению здания и образованию нездорового микроклимата в помещении. В данном случае желательно применять композитные материалы с изоляцией в слоях или применять изоляцию с внутренней стороны стены. Это увеличит расходы при строительстве, однако при эксплуатации они очень скоро окупятся [1, 2].

В регионах с жарким влажным климатом ежегодно на ликвидацию разного рода проблем, вызываемых негативным воздействием влаги, затрачивается немало средств. Влага, содержащаяся в воздухе внутри здания, проникает в конструкцию стены и, охлаждаясь до температуры ниже точки росы, конденсируется. Количество образующейся влаги тем больше, чем выше разница наружной и внутренней температуры воздуха, поэтому в зимнее время влага довольно интенсивно накапливается в материале ограждающих конструкций и является причиной возникновения и распространения грибков, образования плесени, гниения деревянных конструкций, снижения термического сопротивления ограждающих конструкций здания [4, 5, 6].

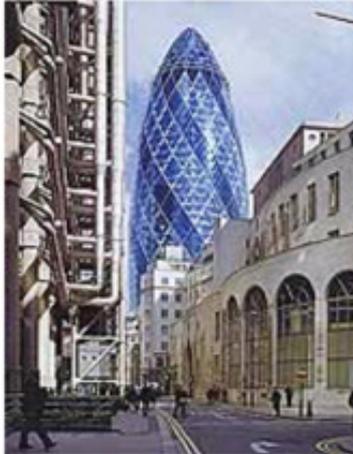
Правильное проектирование и строительство наружных стен жилых зданий Баку уменьшает риск и делает их более устойчивым к влажности, в особенности в районах с наибольшей влажностью – это, прежде всего, прибрежная часть города, а также территории, расположенные вблизи озер. В данном случае стратегии контроля конденсации включают ограничение воздушной утечки, использование адекватных типов тепловой изоляции, уменьшение холодных пятен, минимизацию распространения водяного пара [7, 8, 10, 11].



Естественную вентиляцию здания Torre Agbar обеспечивает двойной фасад: Первый слой - плотная бетонная скорлупа, второй - система полупрозрачных стеклянных жалюзи



City Hall, Лондон



Swiss Re, Лондон



Проект башни "Россия" с тройной стеклянной оболочкой и с встроенными фасад фотоэлементами

Рис. 6. Применение энергосберегающих строительных материалов и конструкций в строительстве современных зданий. Источник: <http://www.forma.spb.ru>

Цвет ограждаемой поверхности имеет большое значение при защите от высокой температуры. Метод покрытия наружных ограждающих конструкций (стен, крыши) краской светлых тонов для защиты от летнего перегрева известен на Востоке еще с древних времен. Такая конструкция, отражая значительную часть солнечной энергии обратно во внешнее пространство, препятствовала перегреву помещений, улучшая микроклимат внутри дома. Однако, отражая тепло обратно в городское пространство (улицы, дворы и т.д.), такое покрытие является причиной увеличения температуры воздуха (закон сохранения энергии) окружающей среды. В настоящее время центральная зона Баку интенсивно и плотно застраивается многоэтажными домами и отраженное от зданий тепло, попадая в тесные дворы, создает здесь ощущение духоты в безветренные летние дни. Положение усугубляется отсутствием зеленых насаждений.

Чтобы предотвратить такую ситуацию, необходимо использовать в наружных конструкциях слоистые (с изоляционной прослойкой) панели и материалы, активно использовать озеленение как в декорации зданий (балконы, крыши и террасы), так и в планировке внутривортовых, а также городских территорий. Использование фонтанов, искусственных водоемов в городской структуре также способствует охлаждению прилегающих территорий.

В последние десятилетия человечество борется за повышение эффективности оконного и фасадного остекления. Общеизвестен тот факт, что именно эти ограждающие конструкции являются, пожалуй, самым «слабым» местом любого жилого здания. Именно через окна и витрины происходит максимальная утечка тепла (до 60% от общих теплопотерь) и проникновение шума и вредных составляющих спектра солнечного света. В современной архитектуре используется большой ассортимент стеклопакетов (со звуко- и теплоизоляцией и т.д.) и систем солнцезащиты. Для повышения теплоизоляционных свойств стеклопакеты накачивают инертными газами. Чаще всего для этих целей используется аргон. Недавно на мировом рынке появилась технология «тепловое зеркало» («Heat Mirror»), разработанная американской компанией SouthWall Technologies еще в 1980-е годы (рис. 5). Принцип этой новинки сводится к тому, что в камере стеклопакета между

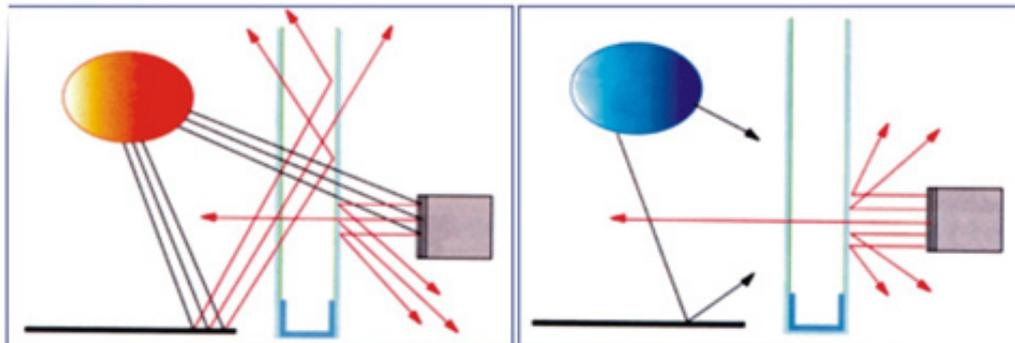


Здание «Городские ворота Дюссельдорфа»

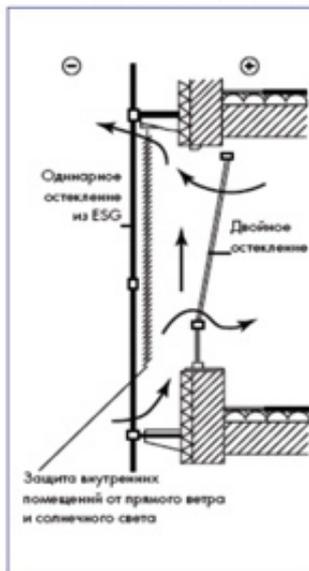


Двухслойное сплошное остекление в разрезе:

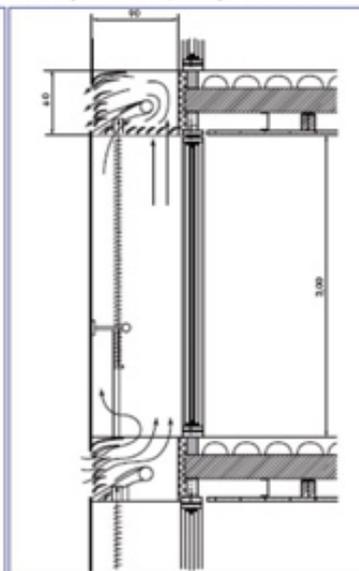
- 1 выброс воздуха;
- 2 регулируемые внутренние солнцезащитные устройства;
- 3 форточка в верхней части внутреннего стекла;
- 4 открывающееся или неподвижное окно;
- 5 наружное стекло;
- 6 воздушная прослойка;
- 7 форточка в нижней части внутреннего стекла;
- 8 забор наружного воздуха



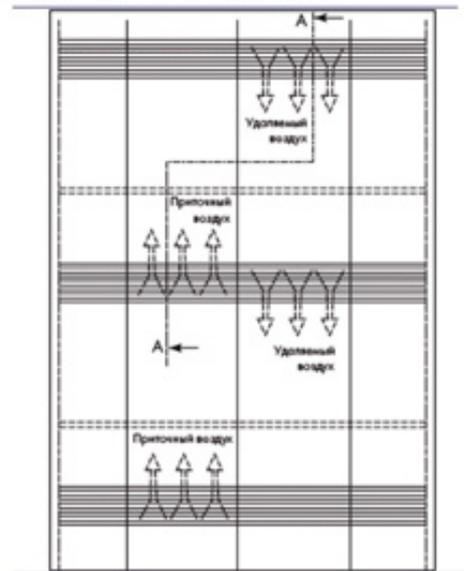
Длинноволновое излучение, отраженное низкоэмиссионным стеклом



Принципиальная конструкция двойного фасада



Разрез фасада с устройствами воздухозабора и воздухоудаления



Вид внешнего фасада: пространственное разделение каналов приточного и удаляемого воздуха

Рис. 7. Принципиальная конструкция двойного вентилируемого фасада.  
Источник: <http://www.abok.ru>

обычными стеклами натягивается прозрачная мембрана с низкоэмиссионным покрытием, которое может наноситься как на одну, так и на обе стороны и образует двухкамерный стеклопакет, по весу равный однокамерному. Применение комбинированных стеклопакетов с одновременным использованием и «теплого зеркала», и селективных стекол позволяет добиться коэффициента теплопроводности  $0,5\text{ м}^2\text{°С/Вт}$ .

Несколько типов мембран, предназначенных для различных климатических условий, позволяют подобрать «зеркало», фильтрующее именно те части солнечного спектра, которые нежелательны для микроклимата помещений в каждой конкретной местности. Появилась возможность выбирать стеклопакеты для фасадов различной экспозиции. Например, для окон южной ориентации более приемлемы мембраны, максимально отражающие тепловую и ультрафиолетовую составляющие солнечного спектра.

Еще дальше в этой области продвинулись лондонские специалисты, которые разработали новый сорт стекла с тончайшим покрытием из диоксида ванадия с добавками, в частности, вольфрама. Такое покрытие проявляет двойственные свойства – то ведет себя как металл (хорошо отражает инфракрасное излучение), то ведет себя как полупроводник (пропускает тепловое излучение). При этом пока вокруг холодно, стекло остаётся обычным, а при росте температуры уменьшает нагрев комнаты на 50%.

Сегодня стекла составляют основу радикального обновления архитектурной формы, невзирая на климатические барьеры. Использование остекленных поверхностей в качестве внешней оболочки здания связывается с распространением энергосберегающих подходов. Создание “живой” оболочки здания, реагирующей на изменение степени его освещенности, все чаще применяется в общественных и жилых зданиях. Не менее эффективным становится применение второй, стеклянной, оболочки здания в качестве конструктивного элемента с энергосберегающей функцией.

К примеру, башня «Агбар» (Torre Agbar) Жана Нувеля в Барселоне привлекает не только своей необычной формой, но и многослойной оболочкой, напоминающей чешую фантастической рыбы (рис. 6). Первый слой – плотная бетонная скорлупа, облицованная цветными металлическими листами, второй слой – система полупрозрачных стеклянных жалюзи, вынесенных на расстояние вытянутой руки и реагирующих на датчики температуры воздуха. Подобные системы двойного фасада обеспечивают естественное вентилирование внутренних помещений и экономят площади на воздухопроводы и кондиционеры. В зимнее время фасадная прослойка уменьшает теплопотери здания.

Основным материалом двойного фасада, как правило, является стекло, обеспечивающее эстетическое оформление здания и выполняющее ограждающие функции (рис. 7, 8). В здании «Городские ворота Дюссельдорфа» пространство между внешней и внутренней частью двойного фасада глубиной 1,4 м или 0,9 м используется как проходимый на всем протяжении балкон. Внешняя часть фасада служит для защиты от наружных климатических воздействий (в ней также расположены отверстия для притока и удаления воздуха), а также для проветривания промежуточного пространства и естественной вентиляции помещений. В промежуточном пространстве фасада размещаются регулируемые устройства солнцезащиты. Приведенный коэффициент теплопередачи двойного фасада равен  $1,1\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$ .

Двуслойные секционные стекла помещений в здании Swiss RE (арх. Н. Фостер), принадлежащем страховой компании, позволяют воздуху согреваться между слоями и охлаждаться при открывании секций (рис. 6). Специальное серое матовое покрытие стекол задерживает 86% солнечного света, не допуская чрезмерного повышения температуры внутри помещений. В то же время аэродинамические формы здания увеличивают доступ естественного света и воздуха, что значительно уменьшает энергетические затраты.

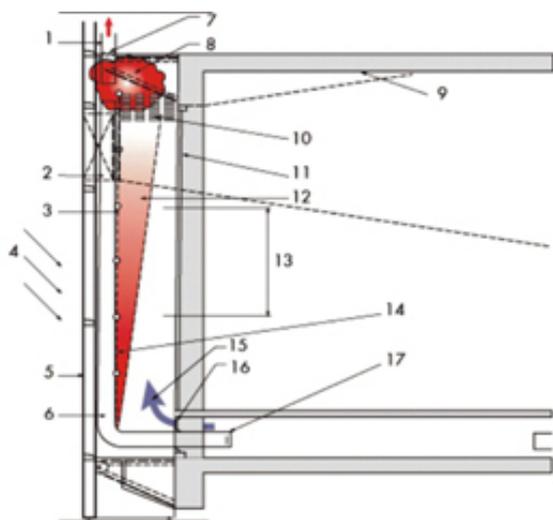
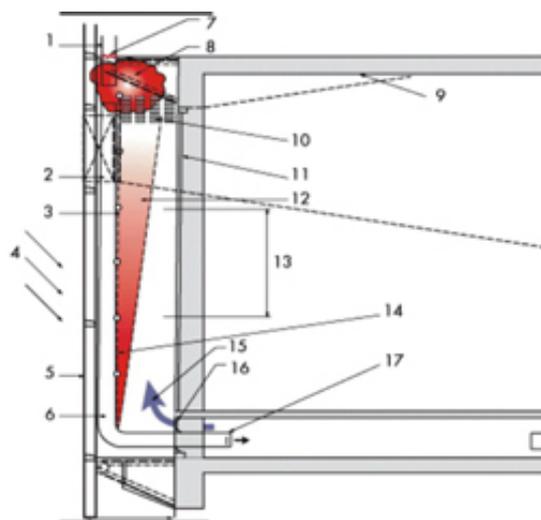


Схема двухслойного остекленного фасада со встроенной системой механической вытяжки воздуха в «летнем» режиме, с фотогальваническими элементами. Воздух в прослойке, нагреваемый солнечным излучением, перемещается вверх и в направлении вытяжных проемов, увлекая за собой теплый воздух из помещения.



Та же система в «зимнем» режиме: воздух в прослойке, нагреваемый солнечным излучением, подается в помещение. Конфигурация аналогична предыдущей схеме с той лишь разницей, что 1 огнезащитная заслонка с функцией регулирования объемного расхода воздуха закрыта, чтобы не выпускать нагретый воздух; 2 воздуховод с вентилятором открыт, вентилятор обеспечивает приток нагретого воздуха в помещение.

1 выброс воздуха; 2 экран регулирования интенсивности светового излучения; 3 полупрозрачные фотогальванические элементы; 4 солнечное излучение; 5 стекло; 6 воздухозаборный канал; 7 огнезащитная заслонка с функцией регулирования объемного расхода воздуха, в летний период открыта; 8 накопление горячего воздуха; 9 потолочное перекрытие; 10 сворачивание фотогальванических элементов, когда они не используются (например, ночью); 11 стекло; 12 зона, где воздух помещения увлекается отводимым подогретым воздухом; 13 зона видимости через полупрозрачные фотогальванические элементы; 14 фотогальванические элементы; 15 часть отводимого воздуха; 16 заслонка, регулирующая объем отводимого воздуха (открыта); 17 воздуховод с вентилятором (летом воздуховод закрыт, вентилятор не работает)

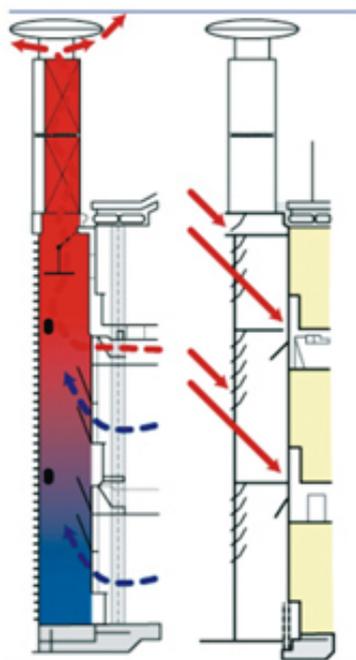


Схема вентиляционного канала (слева) и двухслойного остекления (справа), где осуществляется регулирование солнечного излучения и естественная вентиляция помещений, организованных по принципу открытого пространства

Фрагмент конструкции, где видны два слоя остекления, разделенные решеткой, ширина которой обеспечивает протекание воздушной массы в межстекольном пространстве по всей высоте здания и его удаление через проемы на крыше здания



Рис. 8. Принцип вентилирования в двойных фасадах. Источник: <http://www.abok.ru>

### Заключение

В жарких влажных климатических условиях Баку необходимо предельно внимательно относиться к выбору строительных материалов и конструкций. Современные строительные материалы позволяют решать сложнейшие конструктивные задачи, упрощают процесс монтажа и ускоряют время строительства объектов. Они же являются косвенной причиной обезличивания архитектуры, создания схожих форм в различных регионах Земли, а недостаточный учет их физических свойств в конкретных климатических условиях приводит к созданию дискомфортных условий проживания населения в подобных зданиях.

Автором рассмотрены основные факторы, влияющие на выбор ограждающих конструкций при сооружении многоэтажных зданий в Баку, разработаны схемы зонирования территории города по термическим условиям и условиям влажности, рассмотрен зарубежный опыт использования современных конструкций с целью повышения энергоэффективности и жизнеспособности зданий и конструкций.

### Библиография

1. Брилинг, Р.Е. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов. – М.: Госстройиздат, 1949. – 103 с.
2. Гагарин, В. Г., Козлов, В. В., Мехнецов, И. А. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях (Метод оценки теплозащиты стены здания с вентилируемым фасадом с учетом продольной фильтрации воздуха) / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, И. А. Мехнецов // АВОК. – 2005. – № 8. – С.17–28.
3. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника / Минстрой России. М.: ГП ЦПП, 1996. – 44 с.
4. Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers // ASHRAE : handbook., 1997
5. International Residential Code. International Code Council, 2000.
6. Lstiburek, J. and J. Carmody. The Moisture Control Handbook : New Low-Rise Residential Construction. Oak Ridge National Laboratory, 1991.
7. MOIST, release 3.0. National Institute of Standards and Technology, 1997.
8. Mold and Mildew in Hotels and Motels. – American Hotel and Motel Association, 1990.
9. Izadpanah, P., Zareie, H., Catchers, W. The Cooling Systems in Traditional Iranian Architecture / Pedram Izadpanah, Hussein Zareie, Wind Catchers // The Circle of Ancient Iranian Studies (CAIS), 2006
10. Residential Concrete Masonry Basement Walls, TR 134. National Concrete Masonry Association, 1994.
11. Thermal Bridges in Wall Construction, TEK 6-13A. National Concrete Masonry Association, 1996.

**Статья поступила в редакцию 16.07.2013**

# APPLICATION OF CONTEMPORARY BUILDING MATERIALS AND STRUCTURES IN THE CONDITIONS OF THE HOT AND DAMP CLIMATE OF BAKU

**Kahramanova Shahla Shekhali**

PhD (Architecture), Associate Professor,  
Azerbaijan University of Architecture and Construction,  
Baku, Azerbaijan, e-mail: shahlakahramanova@yandex.ru

## Abstract

*The article is devoted to THE application of modern-day building materials and structures in the hot and moist climatic conditions of the city of Baku. The basic climatic factors that determine the physical parameters of the enclosure materials and structures used in Baku. The author provides examples of solutions to the adaptation of buildings to the environment in international practice. Advanced engineering developments in field of contemporary building materials are highlighted.*

## Key words:

*enclosing structures, front glazing, double skins*

## References

1. Briling, R.E. (1949) Air Permeability of Enclosures and Materials. Moscow: Gosstroyizdat.
2. Gagarin, V. G., Kozlov, V. V., and Mekhnetsov, I.A. (2006) Longitudinal Filtration of Air in Modern Enclosures (Method for Estimating the Heat-Shielding of Walls in a Building with Ventilated Facade Allowing for Longitudinal Filtration of Air). ABOK, No. 8, p.17–28.
3. SNiP-3-79\*. (1996) Construction Heat Engineering. Ministry of Construction of Russia. Moscow: GP TsPP.
4. Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE. Handbook, 1997
5. International Residential Code. International Code Council, 2000.
6. Lstiburek, J. and J. Carmody. (1991) The Moisture Control Handbook: New Low-Rise Residential Construction. Oak Ridge National Laboratory.
7. MOIST, release 3.0. National Institute of Standards and Technology, 1997.
8. Mold and Mildew in Hotels and Motels. American Hotel and Motel Association, 1990.
9. Pedram Izadpanah, Hussein Zareie. Wind Catchers (2006). The Cooling Systems in Traditional Iranian Architecture / The Circle of Ancient Iranian Studies (CAIS).
10. Residential Concrete Masonry Basement Walls, TR 134. National Concrete Masonry Association, 1994.
11. Thermal Bridges in Wall Construction, TEK 6-13A. National Concrete Masonry Association, 1996.